



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 102 21 305 A 1**

⑤1 Int. Cl.7:  
**F 02 M 59/06**  
F 04 B 1/04  
F 04 B 53/10

②1 Aktenzeichen: 102 21 305.4  
②2 Anmeldetag: 14. 5. 2002  
③ Offenlegungstag: 27. 11. 2003

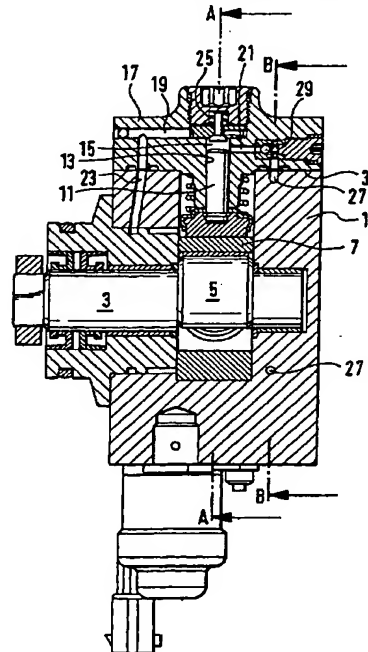
DE 102 21 305 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
  
⑦4 Vertreter:  
Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188  
Stuttgart

⑦2 Erfinder:  
Guentert, Josef, 70839 Gerlingen, DE; Linek,  
Karl-Heinz, 71686 Remseck, DE; Kleer, Florian,  
66589 Merchweiler, DE; Grabert, Peter, 66450  
Bexbach, DE; Loesch, Gerd, 70794 Filderstadt, DE;  
Wuetherich, Paul, 71701 Schwieberdingen, DE;  
Cimaglia, Nicola, Putignano, IT; Diaferia, Antonio,  
Corato Bari, IT; Iorizzo, Rosanna, Molfetta, IT;  
Rinaldo, Sandra, Bologna, IT; Palma, Giuseppe,  
Bari, IT

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤4 Radialkolbenpumpe für Kraftstoffeinspritzsystem mit verbesserter Hochdruckfestigkeit  
⑤7 Es wird eine Radialkolbenpumpe mit einem Pumpengehäuse (1) und darin eingesetzten Pumpenelementen (9) beschrieben, deren im Pumpengehäuse (1) verlaufenden Hochdruckkanäle so gestaltet sind, dass die zulässigen Betriebsdrücke signifikant gesteigert werden.



DE 102 21 305 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft eine Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckversorgung bei Kraftstoffsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit vorzugsweise mehreren bezüglich einer in einem Pumpengehäuse gelagerten Antriebswelle radial angeordneten Pumpenelementen, wobei die Pumpenelemente von der Antriebswelle betätigt werden und je eine Saugseite und eine Hochdruckseite aufweisen, und mit Hochdruckkanälen im Pumpengehäuse, welche jeweils die Hochdruckseite eines Pumpenelements mit einem Hochdruckanschluss im Pumpengehäuse verbinden.

[0002] Ein solche Radialkolbenpumpe ist beispielsweise aus der DE 197 29 788.9 A1 bekannt. Diese in Serie gefertigte Radialkolbenpumpe erreicht hochdruckseitig Betriebsdrücke von bis zu 1300 bar. Daraus resultieren erhebliche mechanische Spannungen im Pumpengehäuse.

[0003] Um das Emissionsverhalten von Brennkraftmaschinen weiter zu verbessern und den Wirkungsgrad weiter zu erhöhen, ist es notwendig, höhere Einspritzdrücke als die genannten 1300 bar vorzusehen.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde eine Radialkolbenpumpe so weiter zu entwickeln, dass sie für Drücke bis zu 2000 bar einsetzbar ist.

1. Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst bei einer Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckversorgung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen mit vorzugsweise mehreren bezüglich einer in einem Pumpengehäuse gelagerten Antriebswelle radial angeordneten Pumpenelementen, wobei die Pumpenelemente von der Antriebswelle betätigt werden und je eine Saugseite und eine Hochdruckseite aufweisen und mit Hochdruckkanälen im Pumpengehäuse, welche jeweils die Hochdruckseite eines Pumpenelements mit einem Hochdruckanschluss im Pumpengehäuse verbinden, dadurch gelöst, dass die Hochdruckkanäle möglichst wenige Abzweigungen aufweisen, und dass der Winkel unter der ggf. ein Hochdruckkanal von einem anderen Hochdruckkanal abzweigt möglichst nahe an 90° liegt.

#### Vorteile der Erfindung

[0005] Durch die erfindungsgemäße Führung der Hochdruckkanäle im Pumpengehäuse ist es möglich, trotz gesteigerter Pumpendrucke eine Reduktion der an den kritischen Stellen des Pumpengehäuses auftretenden Maximalspannungen zu erzielen. Dadurch kann die erfindungsgemäße Radialkolbenpumpe bei höheren Drücken betrieben werden, wobei gleichzeitig die Materialbeanspruchung zurückgeht.

[0006] Die auftretenden Maximalspannungen wurden durch FEM-Berechnungen ermittelt. Bei Versuchen mit Prototypen hat sich die verbesserte Druckfestigkeit des Pumpengehäuses aufgrund der erfindungsgemäßen Verlegung der Hochdruckkanäle nachweisen lassen.

[0007] In Ergänzung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Oberflächen der Hochdruckkanäle verdichtet und mit Druckeigenspannungen versehen werden, insbesondere dadurch, dass durch die Hochdruckkanäle eine Kugel hindurchgezogen oder gepresst wird, deren Durchmesser geringfügig größer als der Durchmesser der Hochdruckkanäle ist. Diese Maßnahme erhöht die Druckfestigkeit des Pumpengehäuses im Bereich der Hochdruckkanäle weiter.

[0008] Es kann erfindungsgemäß auch vorgesehen sein,

dass die Hochdruckkanäle gehärtet, insbesondere induktionsgehärtet, sind. Zur weiteren Minimierung der unter Druckbeanspruchung auftretenden Maximalspannungen des Pumpengehäuses ist vorgesehen, dass die Hochdruckkanäle im Bereich von Querschnittsänderungen und/oder Einmündungen von anderen Hochdruckkanälen verrundet, insbesondere hydroerosiv verrundet sind.

[0009] Eine besonders vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe sieht vor, dass die Hochdruckkanäle durch je einen rohrförmigen Einsatz, insbesondere einem Einsatz aus einem hochfesten Werkstoff, wobei sich hochfester Stahl als besonders geeignet erwiesen hat, verstärkt sind. Die erfindungsgemäßen rohrförmigen Einsätze werden vor dem Gießen wie ein Kern in die Gussform eingelegt. Beim Gießen verbinden sich Pumpengehäuse und rohrförmige Einsätze sehr gut miteinander. Dadurch dass wegen der rohrförmigen Einsätze die Hochdruckkanäle aus einem anderen, besonders bevorzugt einem festeren Werkstoff bestehen, als das übrige Pumpengehäuse, findet eine Anpassung der Bauteilfestigkeit an die lokalen Beanspruchungen und Spannungen statt. Somit ist einerseits gewährleistet, dass im Bereich der Hochdruckkanäle, wo die höchsten Spannungen des Betriebs auftreten, ein hochfester Werkstoff zum Einsatz kommt, der die auftretenden Spannungen sicher aufnehmen kann und andererseits das übrige Pumpengehäuse aus einem vergleichsweise kostengünstigen Werkstoff hergestellt werden kann, der noch dazu gut bearbeitbar ist und gute Gleiteigenschaften aufweist.

[0010] Ein weiterer Vorteil der rohrförmigen erfindungsgemäßen Einsätze ist, dass, im Gegensatz zu konventionellen Bohrungen, die Hochdruckkanäle gekrümmt oder teilweise gekrümmt ausgeführt werden können. Auch ist es möglich, dass durch jeweils einen Einsatz die Hochdruckseite eines Pumpenelements direkt mit dem Hochdruckanschluss im Pumpengehäuse verbunden wird, so dass keine Verzweigungen der Hochdruckkanäle erforderlich sind. Dies wirkt sich günstig auf die im Pumpengehäuse auftretenden Maximalspannungen, auf die Herstellungskosten und insbesondere die Fertigungssicherheit aus.

[0011] Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Variante einer Radialkolbenpumpe ist vorgesehen, dass jedes Pumpenelement eine Zylinderbohrung und einen Zylinderkopf aufweist, dass der Kolben in der Zylinderbohrung oszilliert und einen Förderraum begrenzt, dass auf der Saugseite ein erstes Rückschlagventil angeordnet ist, und dass auf der Hochdruckseite ein zweites Rückschlagventil angeordnet ist. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Zylinderbohrung als Sackloch ausgebildet ist und das erste Rückschlagventil am Grund des Sacklochs angeordnet ist. Durch die Ausbildung der Zylinderbohrung als Sackloch wird eine Dichtstelle eingespart.

[0012] In weiterer Ergänzung der Erfindung ist vorgesehen, dass das zweite Rückschlagventil eine Hülse mit einer gestuften Mittenbohrung aufweist, dass die gestufte Mittenbohrung einen Dichtsitz für ein Ventilielglied, insbesondere eine Kugel besonders bevorzugt eine Kugelhülse, aufweist, und dass die Hülse einer Verschlusschraube dichtend gegen den Zylinderkopf gepresst ist. Dieses zweite Rückschlagventil hat den Vorteil, dass es sehr einfach aufgebaut ist und außerhalb der Radialkolbenpumpe geprüft werden kann. In der Radialkolbenpumpe bzw. dem Pumpenelement ist lediglich eine Dichtfläche vorzusehen, die das eingeschraubte zweite Rückschlagventil stirnseitig abdichtet. Eine solche Dichtfläche ist fertigungstechnisch einfach zu beherrschen, so dass die Abdichtung der Hochdruckseite des Pumpenelements zur Umgebung an dieser Stelle durch die Verwendung des erfindungsgemäßen zweiten Rückschlagventils vereinfacht wird.

[0013] Die Abdichtung der Hochdruckseite gegenüber der Umgebung ist besonders wirkungsvoll, wenn die Hülse an ihrer der Verschlussschraube angewandten Stirnfläche eine Beißkante aufweist, so dass die Flächenpressung erhöht und auch eine plastische Verformung der Dichtflächen möglich wird, was die Dichtfunktion weiter verbessert.

[0014] Wenn die Hülse mit der Verschlussschraube, insbesondere im Bereich der Mittenbohrung, verpresst wird, erleichtert sich die Montage des Rückschlagventils weiter, da der Zusammenhalt eines montierten und geprüften Rückschlagventils stets gewährleistet ist.

[0015] Um die hydraulische Verbindung zwischen dem Förderraum einerseits und dem Hochdruckanschluss im Pumpengehäuse andererseits bei geöffnetem zweiten Rückschlagventil stets zu gewährleisten, ist vorgesehen, dass die Hülse eine Querboreung und eine Ringnut aufweist und das die Querboreung und Ringnut eine hydraulische Verbindung der Mittenbohrung zum Förderraum herstellen.

[0016] Bei einer weiteren Variante eines ersten oder zweiten Rückschlagventils ist ein Dichtsitz an der dem Pumpengehäuse zugewandten Seite des Zylinderkopfs in diesen eingearbeitet, wobei das Rückschlagventil einen Käfig aufweist in dem eine auf das Ventilielid, insbesondere eine Kugel, wirkende Schließfeder angeordnet ist. Durch die Schließfeder wird das Rückströmen von Kraftstoff verringert, was sich vorteilhaft auf den Pumpenwirkungsgrad auswirkt.

[0017] Die Montage des erfindungsgemäßen Rückschlagventils in dem Pumpenelement wird vereinfacht, wenn der Käfig in eine den Dichtsitz umfassende Stufenbohrung eingepresst wird.

[0018] Eine fertigungstechnisch vorteilhafte Ausführungsform sieht vor, dass die Zylinderbohrung als Sackloch ausgebildet ist, dass das erste Rückschlagventil nach einem der Ansprüche 17 und 18 am Grund des Sacklochs angeordnet ist, so dass der Dichtsitz von erstem und zweitem Rückschlagventil in einer Aufspannung hergestellt werden kann und die Montage des ersten und zweiten Rückschlagventils in der gleichen Richtung erfolgt.

[0019] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen zu entnehmen.

[0020] Es zeigen:

[0021] Fig. 1a eine Ansicht von vorne eines ersten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe

[0022] Fig. 1b einen Längsschnitt durch das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1a, und

[0023] Fig. 1c einen Querschnitt durch das Ausführungsbeispiel entlang der Linie A-A

[0024] Fig. 2a einen Querschnitt durch das erste Ausführungsbeispiel entlang der Linie B-B,

[0025] Fig. 2b eine alternative Ausführungsform zu Fig. 2a,

[0026] Fig. 3 eine 3D-Darstellung eines weiteren Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses,

[0027] Fig. 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Zylinderkopfs,

[0028] Fig. 5 und 6 weitere Ausführungsbeispiele von erfindungsgemäßen Zylinderköpfen im Längsschnitt,

[0029] Fig. 7a und B Details des Rückschlagventils gemäß dem Ausführungsbeispiel von Fig. 6.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0030] Fig. 1 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe in einer Ansicht von vorne (Fig. 1A), im Längsschnitt (Fig. 1B) und einem Querschnitt entlang der Schnittlinie A-A dargestellt. Die Radial-

kolbenpumpe besteht aus einem Pumpengehäuse 1, in der eine Antriebswelle 3 drehbar gelagert ist. Das Pumpengehäuse 1 kann vorteilhafterweise aus Grauguß mit globularem Graphit (GGG) hergestellt werden. Die Antriebswelle 3 weist einen exzentrischen Abschnitt 5 auf. Der exzentrische Abschnitt 5 treibt über einen Polygonring 7 drei über den Umfang verteilte Pumpenelemente 9 an. Jedes Pumpenelement 9 weist einen Kolben 11 auf, der in einer Zylinderbohrung 13 geführt ist und einen Förderraum 15 begrenzt. In der Fig. 1c sind nicht an allen Pumpenelementen 9 die einzelnen Bauteile mit Bezugszeichen versehen, um die Übersichtlichkeit nicht unnötig zu verschlechtern. Die drei Pumpenelemente 9 sind jedoch alle gleich aufgebaut.

[0031] In einem Zylinderkopf 17 der Pumpenelemente 9 ist eine Saugseite 19 und eine Hochdruckseite 21 vorhanden. Die Saugseite 19 des Zylinderkopfs 17 wird über eine Niederdruckbohrung 23 im Pumpengehäuse mit Kraftstoff versorgt. Auf der Saugseite 19 ist ein erstes Rückschlagventil 25 angeordnet, welches das Rückströmen von Kraftstoff (nicht dargestellt) aus dem Förderraum 15 in die Niederdruckbohrung 23 verhindert.

[0032] Die Hochdruckseite 21 des Pumpenelements 9 mündet in einen Hochdruckkanal 27 im Pumpengehäuse 1. Auf der Hochdruckseite 21 des Pumpenelements ist ein zweites Rückschlagventil 29 vorgesehen, welches das Rückströmen von unter hohem Druck stehendem Kraftstoff aus dem Hochdruckkanal 27 in den Förderraum 15 verhindert. Die Pumpenelemente 9 sind mittels nicht dargestellter Schrauben mit dem Pumpengehäuse 1 verschraubt und durch die Verschraubung auf eine Zylinderfußfläche 31 des Pumpengehäuses 1 gepresst.

[0033] Von jedem Pumpenelement 9 geht ein Hochdruckkanal 27 im Pumpengehäuse 1 ab und mündet in einem Hochdruckanschluss der in den Fig. 1a bis 1c nicht sichtbar ist. Der Verlauf der Hochdruckkanäle wird nachfolgend anhand der Fig. 2 und 3 erläutert. In der Fig. 1b ist in der unteren Hälfte ein zweiter Hochdruckkanal 27 dargestellt. Da dieser Hochdruckkanal im wesentlichen senkrecht zur Zeichnungsebene verläuft, ist er in Fig. 1b als kreisförmige Fläche dargestellt.

[0034] Der bislang beschriebene Aufbau und die Funktionsweise einer solchen Radialkolbenpumpe sind aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der DE 197 29 788.9 A1 auf die hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird, bekannt, so dass auf eine detaillierte Erläuterung der Funktionsweise im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung verzichtet wird.

[0035] In der Fig. 2 ist ein Querschnitt durch ein Pumpengehäuse 1 entlang der Schnittlinie B-B dargestellt. Aus dieser Darstellung ist der Verlauf der Hochdruckkanäle 27 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung deutlich zu erkennen.

[0036] In Fig. 2 ist lediglich das Pumpengehäuse 1 dargestellt. Die Pumpenelemente 9 sind in Fig. 2 nicht dargestellt. Da die Hochdruckkanäle 27 im Pumpengehäuse 1 mit dem vollen Förderdruck der Pumpenelemente beaufschlagt werden, entstehen während des Betriebs der Radialkolbenpumpe erhebliche Spannungen im Pumpengehäuse 1, die im wesentlichen aus den in den Hochdruckkanälen 27a bis 27c herrschenden Drücken resultieren. In der Serienfertigung werden bislang Radialkolbenpumpen mit eingesetzten Pumpenelementen 9 bei Betriebsdrücken von bis zu 1300 bar eingesetzt. Wenn nun die Betriebsdrücke weiter erhöht werden sollen, muss die Dauerfestigkeit des Pumpengehäuses vor allem im Bereich der Hochdruckkanäle 27a erhalten bleiben oder sogar verbessert werden. Durch die erfindungsgemäße Anordnung der Hochdruckkanäle 27a, 27b und 27c konnten die im Pumpengehäuse auftretenden Spannungen

bei gleichen Drücken drastisch reduziert werden, so dass die zulässigen Betriebsdrücke bei gleicher Bauteilfestigkeit auf über 1800 bar angehoben werden konnten. Auch bei diesen im Vergleich zu den eingangs genannten Betriebsdrücken nach dem Stand der Technik (maximal 1300 bar) erhöhten Betriebsdrücken ist die mechanische Beanspruchung des Pumpengehäuses geringer als bei den Radialkolbenpumpen nach dem Stand der Technik.

[0037] Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Zahl der Hochdruckkanäle minimiert wird. Im vorliegenden Fall genügen drei Hochdruckkanäle 27a, 27b, 27c um eine hydraulische Verbindung von den drei Zylinderfußflächen 31 zu einem Hochdruckanschluss 33 herzustellen. Dabei zweigt der Hochdruckkanal 27b unter einem Winkel  $\alpha$  von nahezu 90° von dem Hochdruckkanal 27a ab. Der Winkel  $\alpha$  sollte möglichst nahe an 90° liegen, um die während des Betriebs auftretenden Spannungen in der ersten Abzweigung 35 zu minimieren. Der Hochdruckkanal 27a schneidet unter einem Winkel  $\beta$  den Hochdruckkanal 27c und bildet eine zweite Abzweigung 37. Auch der Winkel  $\beta$  sollte möglichst 90° betragen. Allerdings ist dies aufgrund der baulicher Gegebenheiten im Pumpengehäuse 1 nicht immer möglich. Es hat sich bei FEM-Berechnungen herausgestellt, dass die erfindungsgemäße Anordnung der Hochdruckkanäle 27a, 27b und 27c auch bei deutlich erhöhten Betriebsdrücken zu einer gegenüber den in Serie gefertigten Radialkolbenpumpen verringerten Maximalspannung im Pumpengehäuse 1 geführt haben. Dadurch konnte erreicht werden, dass ohne Ausweichen auf einen teureren Werkstoff als der aus dem Stand der Technik bekannte Grauguss mit globularem Graphit (GGG) die zulässigen Betriebsdrücke von 1300 bar auf über 1800 bar gestiegen sind.

[0038] Eine weitere Erhöhung der Betriebsfestigkeit kann dadurch erzielt werden, dass die Hochdruckkanäle 27a durch rohrförmige Einsätze, insbesondere aus einem hochfesten Werkstoff, verstärkt werden. In der Fig. 2b ist ein Ausführungsbeispiel eines Pumpengehäuses 1 dargestellt, bei dem die Hochdruckkanäle 27a bis 27c mit rohrförmigen Einsätzen verstärkt wurden. Im Bereich der ersten Abzweigung 35 und der zweiten Abzweigung 37 sind die rohrförmigen Einsätze 39 miteinander verbunden. Vorteilhafter Weise sind sie durch Schweißen oder Löten miteinander verbunden. Durch diese rohrförmigen Einsätze 31a bis 39c kann die Festigkeit des Pumpengehäuses 1 weiter gesteigert werden. Die rohrförmigen Einsätze 39a bis 39c werden vor dem Gießen des Pumpengehäuses in die Gussform eingelegt. Beim anschließenden Gießen des Pumpengehäuses verbinden sich die rohrförmigen Einsätze 39 innig mit dem Pumpengehäuse 1, so dass die Kraftübertragung zwischen rohrförmigen Einsatz 31 und Pumpengehäuse 1 optimal ist.

[0039] In Fig. 3 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Pumpengehäuses dreidimensional dargestellt. Es wird deutlich, dass bei diesem Ausführungsbeispiel die Hochdruckkanäle 27a, 27b und 27c gekrümmt ausgeführt sind und direkt, d. h. ohne Abzweigungen, von einer Zylinderfußfläche 31 zu dem Hochdruckanschluss 33 führen. Bei dieser Ausführungsform werden die aus den Betriebsdrücken resultierenden Belastungen des Pumpengehäuses 1 weiter reduziert, da keine Abzweigungen vorhanden sind. Fertigungstechnisch kann diese Ausführungsvariante durch gekrümmte rohrförmige Einsätze 39a, 39b und 39c realisiert werden.

[0040] In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe dargestellt, bei dem die Zylinderbohrung 13 im Pumpenelement 9 als Sacklochbohrung aufgeführt ist. Am Grund der Sacklochbohrung ist ein Dichtsitz 41 für das erste Rückschlagventil 25 vorgesehen. Das erste Rückschlagventil 25 kann baugleich wie das an-

hand der Fig. 6 und 7 beschriebene zweite Rückschlagventil 29 ausgeführt sein. Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 wird der Kolben 11 ebenfalls über einen Polygonring sowie eine Kolbenfußplatte 43 angetrieben. Die Erfindung ist jedoch nicht auf Radialkolbenpumpen mit solchen Antrieben der Pumpenelemente 9 beschränkt. Es können vielmehr auch alternative Antriebe, beispielsweise durch Nocken-scheiben oder ähnliches zum Einsatz kommen. Die Kolbenfüße können auch Tassenstößel umfassen, die im Pumpengehäuse 1 geführt werden (nicht dargestellt).

[0041] In Fig. 5a ist ein Zylinderkopf 17 eines weiteren erfindungsgemäßen Ausführungsbeispiels einer Radialkolbenpumpe im Querschnitt dargestellt. Das erste Rückschlagventil 25 entspricht dem in Fig. 1 dargestellten ersten Rückschlagventil 25. Das in Fig. 1b andeutungsweise dargestellte zweite Rückschlagventil 29 wird nachfolgend anhand der Fig. 5a und der Fig. 5b, die einen vergrößerten Ausschnitt aus der Fig. 5a zeigt, dargestellt und erläutert.

[0042] Das zweite Rückschlagventil 29 besteht aus einer Hülse 45. In der gestuften Mittenbohrung 47 ist ein Dichtsitz 49 für eine Kugel 51, insbesondere eine Keramik-kugel, ausgearbeitet. Die Kugel 51 wird von einer Schließfeder 53, welche sich gegen eine Verschluss-schraube 55 abstützt, auf den Dichtsitz 49 gepresst. Durch den Einsatz einer Schließfeder 53 kann der Wirkungsgrad der erfindungsgemäßen Radialkolbenpumpe um mehrere Prozentpunkte gesteigert werden, da das Rückströmen von Kraftstoff aus dem in Fig. 5b nicht dargestellten Hochdruckkanal 27 in den ebenfalls nicht dargestellten Förderraum 15 unterdrückt wird. Die Hülse 45 ist auf einen Absatz 57 der Verschluss-schraube 55 aufgepresst, so dass das erfindungsgemäße zweite Rückschlagventil 29 zusammen mit der Verschluss-schraube 55 vormontiert und geprüft werden kann. Auf ihrer der Verschluss-schraube 55 abgewandten Stirnfläche 59 weist die Hülse 45 eine umlaufende Beißkante 61 auf, welche der Abdichtung des zweiten Rückschlagventils 29 gegen den Zylinderkopf 17 dient. Eine Querbohrung 63 sowie eine Ringnut 64 in der Hülse 45 erlauben das Abströmen von Kraftstoff bei geöffnetem zweiten Rückschlagventil in eine Bohrung 65 im Zylinderkopf 17.

[0043] In der Fig. 6 ist ein weiteres erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel einer Radialkolbenpumpe dargestellt.

[0044] Bei diesem Ausführungsbeispiel ist das zweite Rückschlagventil 29 an der im Gehäuse 1 zugewandten Seite 67 des Zylinderkopfs 17 angeordnet.

[0045] Der Dichtsitz 49 ist in den Zylinderkopf 17 eingearbeitet. An dem Dichtsitz 49 schließt eine zylindrische Bohrung 68 an. In die Bohrung 68 ist ein Käfig 69 eingepresst, der eine Schließfeder 53 aufnimmt, welche die Kugel 51 gegen den Dichtsitz 49 presst. Dieses erfindungsgemäße zweite Rückschlagventil 29 ist sehr einfach in der Herstellung und Montage. Es kann auch als erstes Rückschlagventil 25, beispielsweise bei einer Ausführungsform gemäß Fig. 4, eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft bei der Herstellung ist in diesem Fall, dass der Dichtsitz 41 des ersten Rückschlagventils 25 und der Dichtsitz 49 des zweiten Rückschlagventils parallel zueinander angeordnet sind, was deren Bearbeitung in einer Aufspannung des Zylinderkopfs erleichtert.

[0046] In den Fig. 7a und 7b ist der Käfig 69 mit eingesetzter Schließfeder 53 in einem Längsschnitt und einer Ansicht von oben ohne Schließfeder 53 dargestellt.

[0047] Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen genannten Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

1. Radialkolbenpumpe zur Kraftstoffhochdruckversorgung bei Kraftstoffeinspritzsystemen von Brennkraftmaschinen, insbesondere bei einem Common-Rail-Einspritzsystem, mit vorzugsweise mehreren bezüglich einer in einem Pumpengehäuse (1) gelagerten Antriebswelle (3) radial angeordneten Pumpenelementen (9), wobei die Pumpenelemente (9) von der Antriebswelle (3) betätigt werden und je eine Saugseite (19) und eine Hochdruckseite (21) aufweisen und mit Hochdruckkanälen (27) im Pumpengehäuse (1), welche jeweils die Hochdruckseite (21) eines Pumpenelements (9) mit einem Hochdruckanschluß (33) im Pumpengehäuse (1) verbinden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hochdruckkanäle (27) möglichst wenige Abzweigungen (35, 37) aufweisen, und dass der Winkel ( $\alpha$ ,  $\beta$ ) unter der ggf. ein Hochdruckkanal (27a, 27b, 27c) von einem anderen Hochdruckkanal (27a, 27b, 27c) abzweigt möglichst nahe an 90° liegt.

2. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächen der Hochdruckkanäle (27a, 27b, 27c) verdichtet werden.

3. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Hochdruckkanäle (27a, 27b, 27c) je eine Kugel hindurchgezogen oder gepresst wird, deren Durchmesser geringfügig größer als der Durchmesser des Hochdruckkanals (27a, 27b, 27c) ist.

4. Radialkolbenpumpe nach einem der Ansprüche 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckkanäle (27a, 27b, 27c) gehärtet, insbesondere induktionsgehärtet, sind.

5. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckkanäle (27a, 27b, 27c) im Bereich von Querschnittsänderungen und/oder Abzweigungen (35, 37) von anderen Hochdruckkanälen (27a, 27b, 27c) verrundet, insbesondere hydroerosiv verrundet sind.

6. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Hochdruckkanäle (27a, b, c) durch je einen rohrförmigen Einsatz (39a, b, c) verstärkt sind.

7. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsätze (39a, b, c) aus einem hochfesten Werkstoff, insbesondere aus hochfestem Stahl, bestehen.

8. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Einsätze (39a, b, c) an der oder den Abzweigungen (35, 37) miteinander, insbesondere durch Löten oder Schweißen, verbunden sind.

9. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Hochdruckkanal (27a, b, c) die Hochdruckseite (21) eines Pumpenelements (9) direkt mit dem Hochdruckanschluß (33) verbindet.

10. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Hochdruckkanal (27a, b, c) teilweise gekrümmt ausgeführt ist.

11. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jedes Pumpenelement (9) einen Kolben (11), eine Zylinderbohrung (13) und einen Zylinderkopf (17) aufweist, dass der Kolben (11) in der Zylinderbohrung (13) oszilliert und einen Förderraum (15) begrenzt, dass auf der Saugseite (19) ein erstes Rückschlagventil (25) angeordnet ist, und dass auf der Hochdruckseite (21) ein

zweites Rückschlagventil (29) angeordnet ist.

12. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das zweite Rückschlagventil (29) eine Hülse (45) mit einer gestuften Mittenbohrung (47) aufweist, dass die gestufte Mittenbohrung (47) einen Dichtsitz (49) für ein Ventilglied, insbesondere eine Kugel (51), aufweist, und dass die Hülse (45) von einer Verschlusschraube (55) dichtend gegen den Zylinderkopf (17) gepresst wird.

13. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (45) an ihrer der Verschlusschraube (55) abgewandten Stirnfläche (59) als Dichtfläche, insbesondere mit einer Beißkante (61), ausgeführt wird.

14. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (45) mit der Verschlusschraube (55), insbesondere im Bereich der Mittenbohrung (47), verpresst ist.

15. Radialkolbenpumpe nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Hülse (45) eine Querbohrung (61) und eine Ringnut (63) aufweist, und dass die Querbohrung (61) und die Ringnut (63) eine hydraulische Verbindung der Mittenbohrung (47) zum Förderraum (15) herstellen.

16. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass ein Dichtsitz (49) des zweiten Rückschlagventils (29) an der dem Pumpengehäuse (1) zugewandten Seite (67) des Zylinderkopfes (17) angeordnet ist.

17. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das erste und/oder zweite Rückschlagventil (25, 29) einen Käfig (69) aufweist, und dass in dem Käfig (69) eine auf das Ventilglied (51) wirkende Schließfeder (53) angeordnet ist.

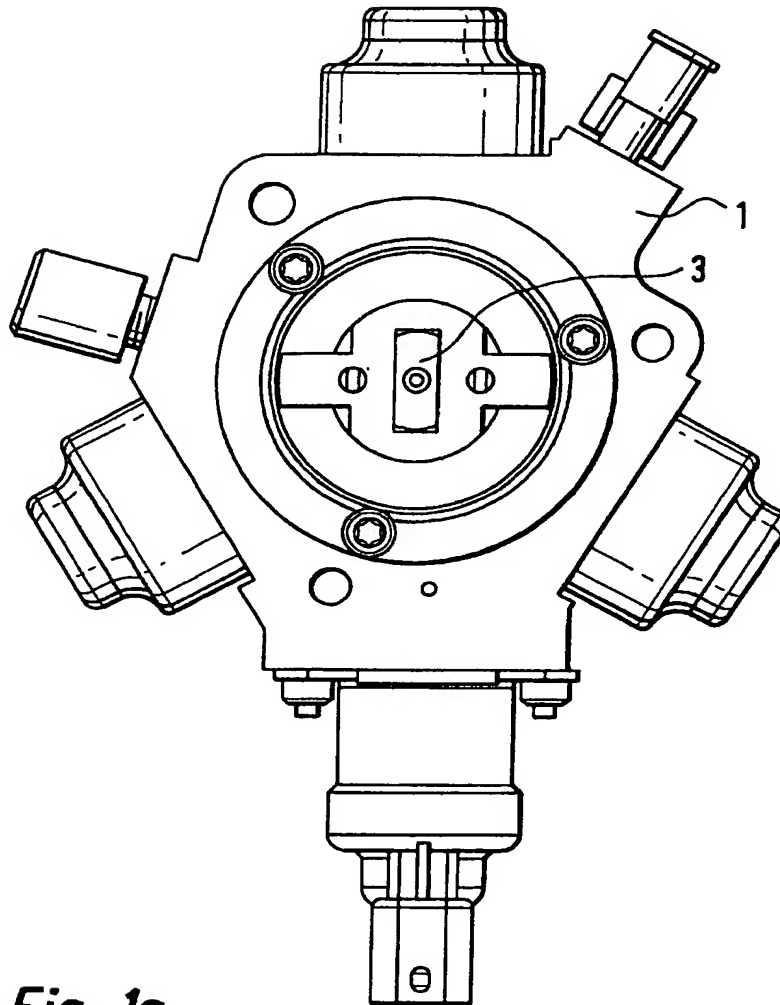
18. Radialkolbenpumpe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass der Käfig (69) in eine den Dichtsitz (49) umfassende Stufenbohrung (65) im Zylinderkopf (17) einpressbar ist.

19. Radialkolbenpumpe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zylinderbohrung (13) als Sackloch ausgebildet ist, und dass das erste Rückschlagventil (25) am Grund des Sacklochs angeordnet ist.

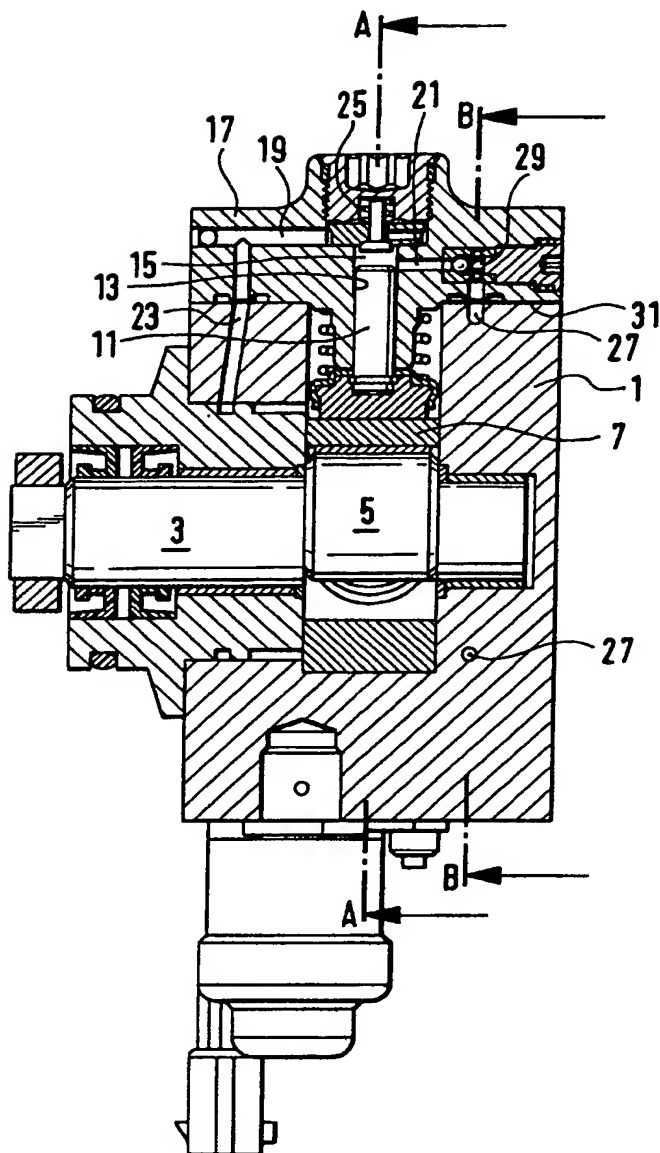
---

Hierzu 9 Seite(n) Zeichnungen

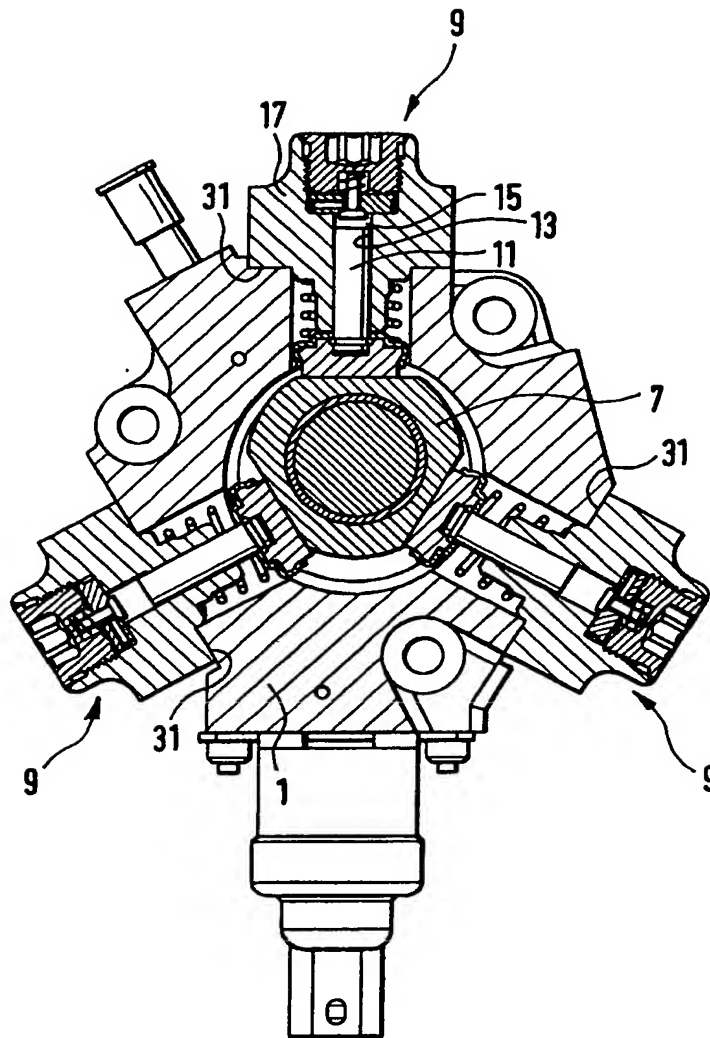
---



*Fig. 1a*

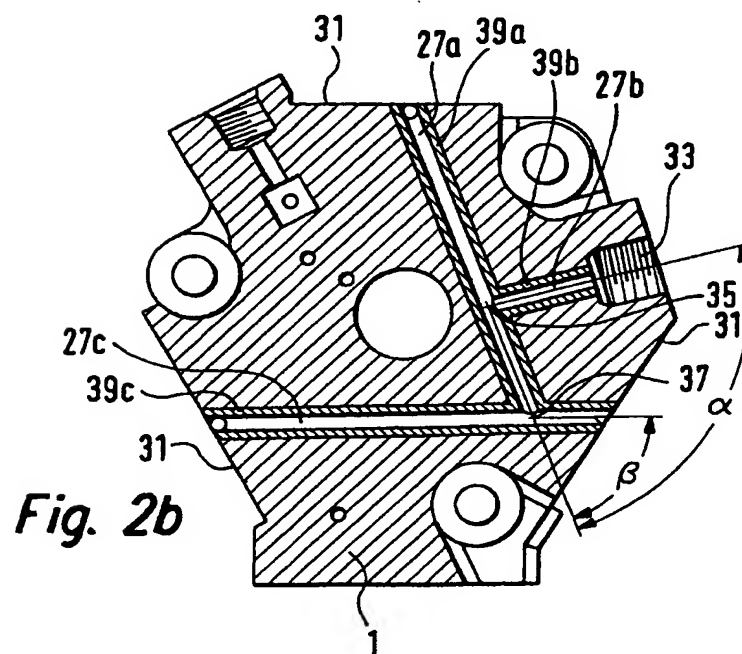
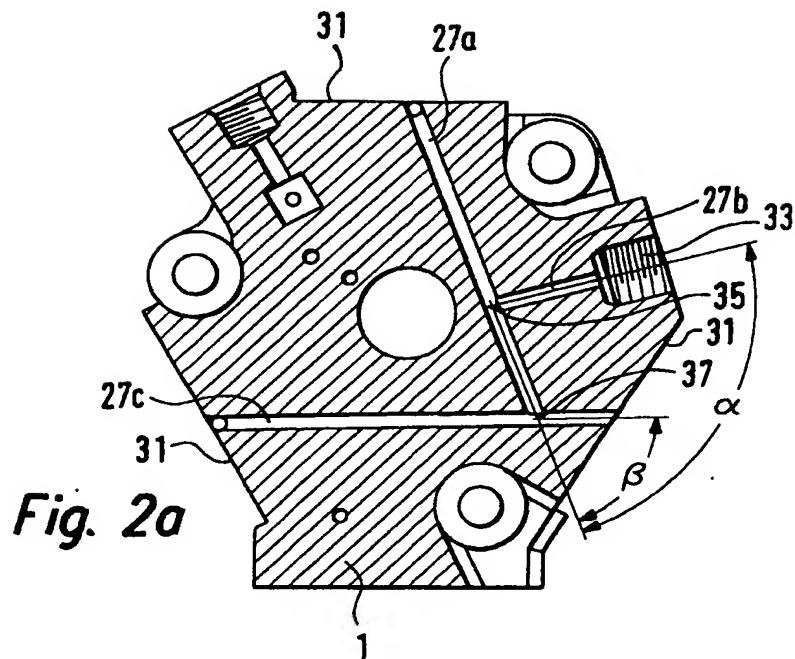


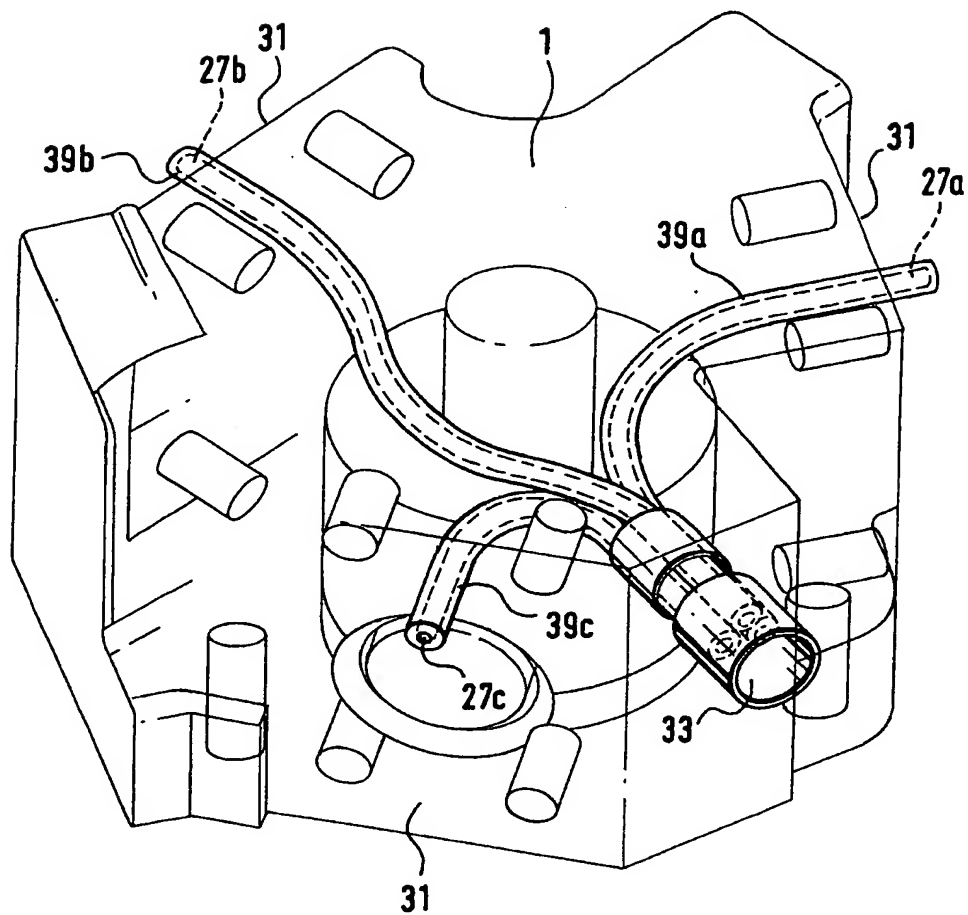
**Fig. 1b**



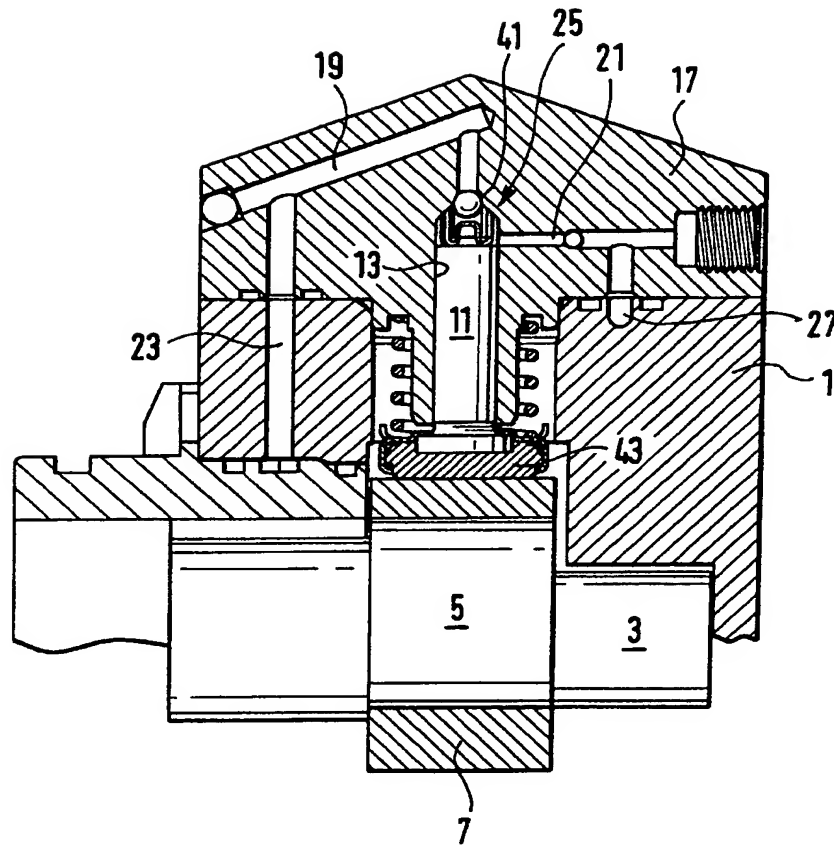
*Fig. 1c*



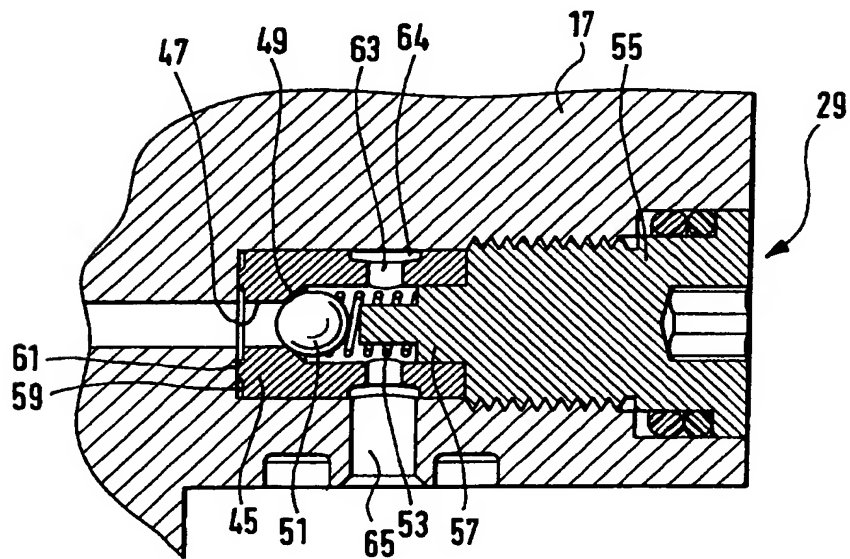
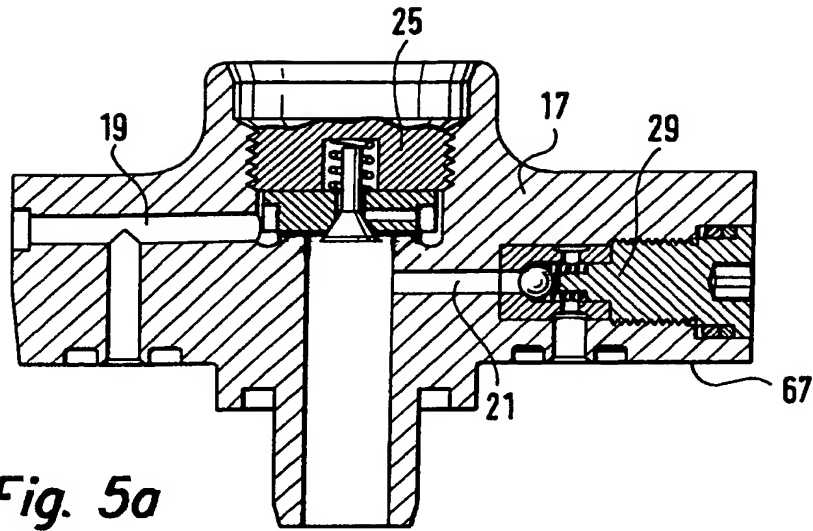


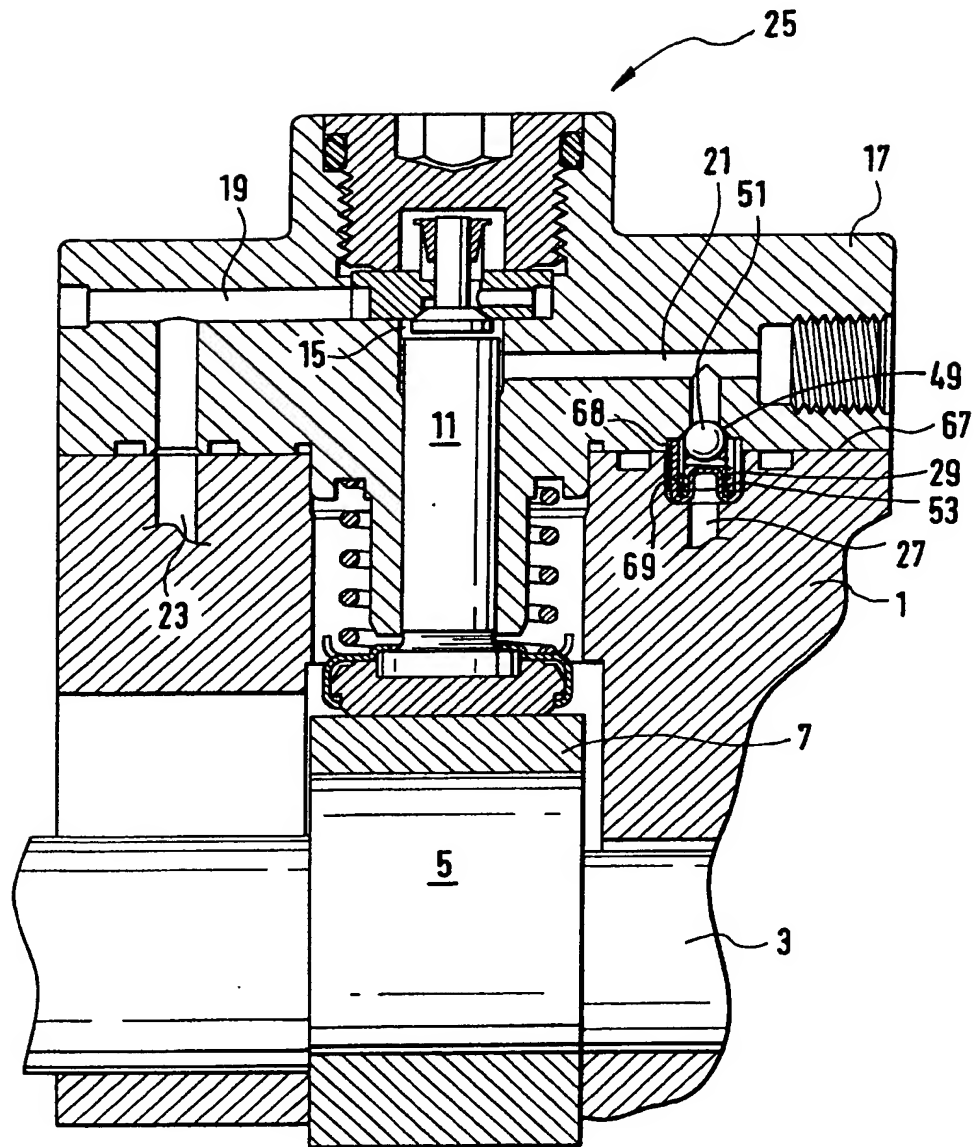


**Fig. 3**



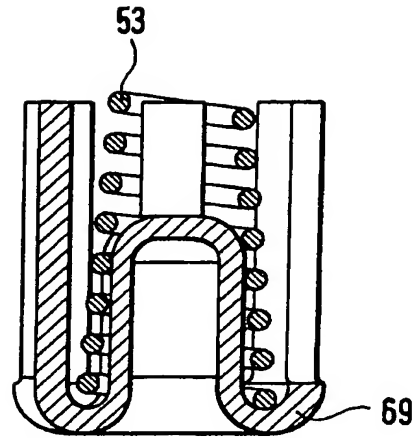
**Fig. 4**





*Fig. 6*

*Fig. 7a*



*Fig. 7b*

